

## 9.1. TRANSPORT RUMOWISKA

Rumowisko jest to materiał stały i rozpuszczony transportowany przez rzekę w sposób ciągły lub okresowo, pochodzący z erozji mechanicznej i chemicznej wody zachodzącej na obszarze zlewni oraz w korycie. Jego ilość zależy od energii spływających wód oraz od odporności podłoża na erozję, rozmywanie i rozpuszczanie. Rumowisko w przeważającej części jest pochodzenia mineralnego. Jego skład granulometryczny zmienia się wzdłuż biegu rzeki: maleje w miarę zmniejszania się jej spadku i w miarę zmniejszania się prędkości wody.

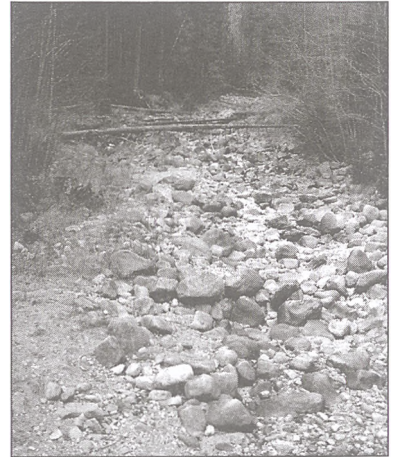
Wyróżnia się następujące rodzaje rumowiska:

- **toczyny** (rumowisko toczone) – gruby rumosz skalny i głazy, przesuwane lub toczone po dnie tylko podczas dużych wezbrań,
- **włeczyny** (rumowisko wleczone) – materiał o różnej frakcji – od żwirowej do piaszczystej, który w czasie ruchu nie traci kontaktu z dnem koryta,
- **zawiesiny** (rumowisko zawieszone) – drobny i bardzo drobny materiał mineralny i organiczny unoszony przez wodę.

Najgrubszym materiałem transportowanym przez rzekę są toczyny i włeczyny, pochodzące głównie z erozji mechanicznej. Świeży materiał skalny początkowo posiada ostre krawędzie, które podczas transportu, wskutek uderzeń i ścierania, zaokrąglają się tworząc otoczaki. Ich kształty są różne w zależności od rodzaju i twardości skały oraz gęstości i układu szczelin. Na przykład, otoczaki piaskowca są zazwyczaj wydłużone, zaś otoczaki granitowe – kuliste. Podczas transportu materiał ulega rozdrabnianiu i dochodzi do tworzenia się frakcji piaszczystej. Rumowisko wleczone tworzy w dnie koryt górskich ławice żwirowe zwane kamieńcami, natomiast w korytach rzek nizinnych ławice piaszczyste zwane łachami.

Ilość rumowiska wleczonego i toczonego zależy od budowy geologicznej, parametrów koryta rzecznego oraz warunków hydrometeorologicznych (ryc. 9.1.1). Największe frakcje uruchamiane są podczas najwyższych stanów wody. Przy rosnących przepływach, wielkość transportu jest znacznie większa niż przy stanach opadających (ryc. 9.1.2). Analiza petrograficzna toczyn i włeczyn oraz znajomość budowy geologicznej pozwala określić, z której części zlewni pochodzi transportowany materiał (ryc. 9.1.3).

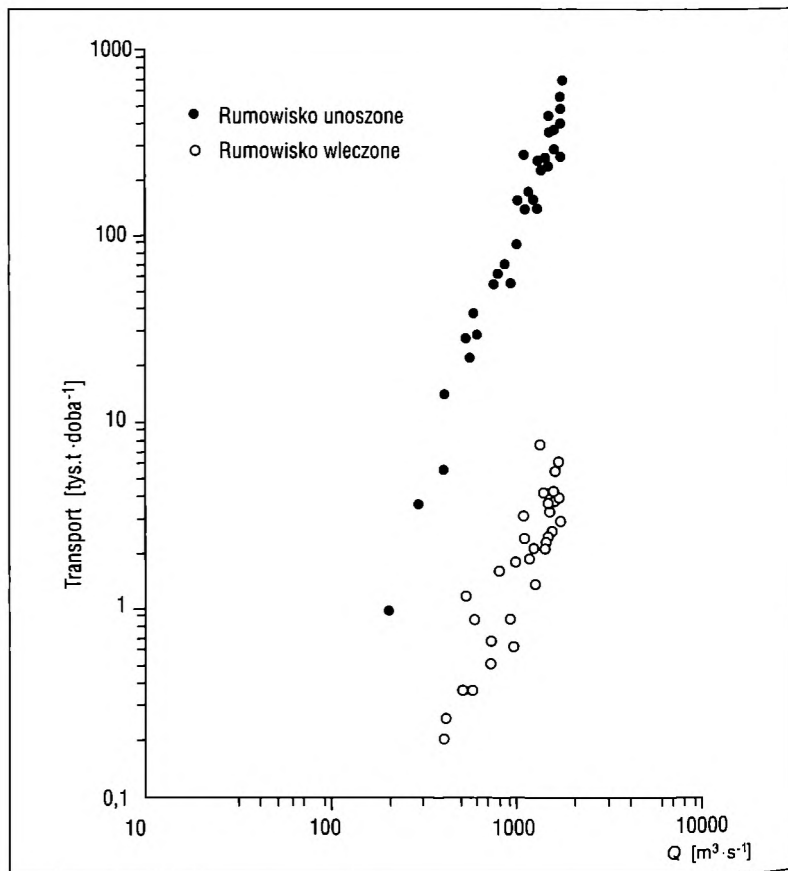
Przyrządem służącym do pomiarów rumowiska wleczonego jest łapaczka, będąca skrzynką z otwartą ścianką przednią oraz tylną ścianką zaopatrzoną w drucianą siatkę umożliwiającą przepływ wody. Łapaczkę opuszcza się na dno koryta i otwiera kłapę wlotową. Pomiar może trwać 100, 200 lub 300 s lub dłużej –



W korytach górskich deponowane jest rumowisko o zróżnicowanej frakcji (koryto Potoku Waksmundzkiego, Tatry)

**saltacja** – ruch rumowiska rzecznego w postaci skoków transportowanych cząstek w górę i opadaniu na dno; występuje w korytach o turbulentnym ruchu wody

Ryc. 9.1.1. Transport rumowiska unoszonego i wleczonego w zależności od natężenia przepływu rzeki Tanana koło Fairbanks (Alaska) (Allen, 2000)

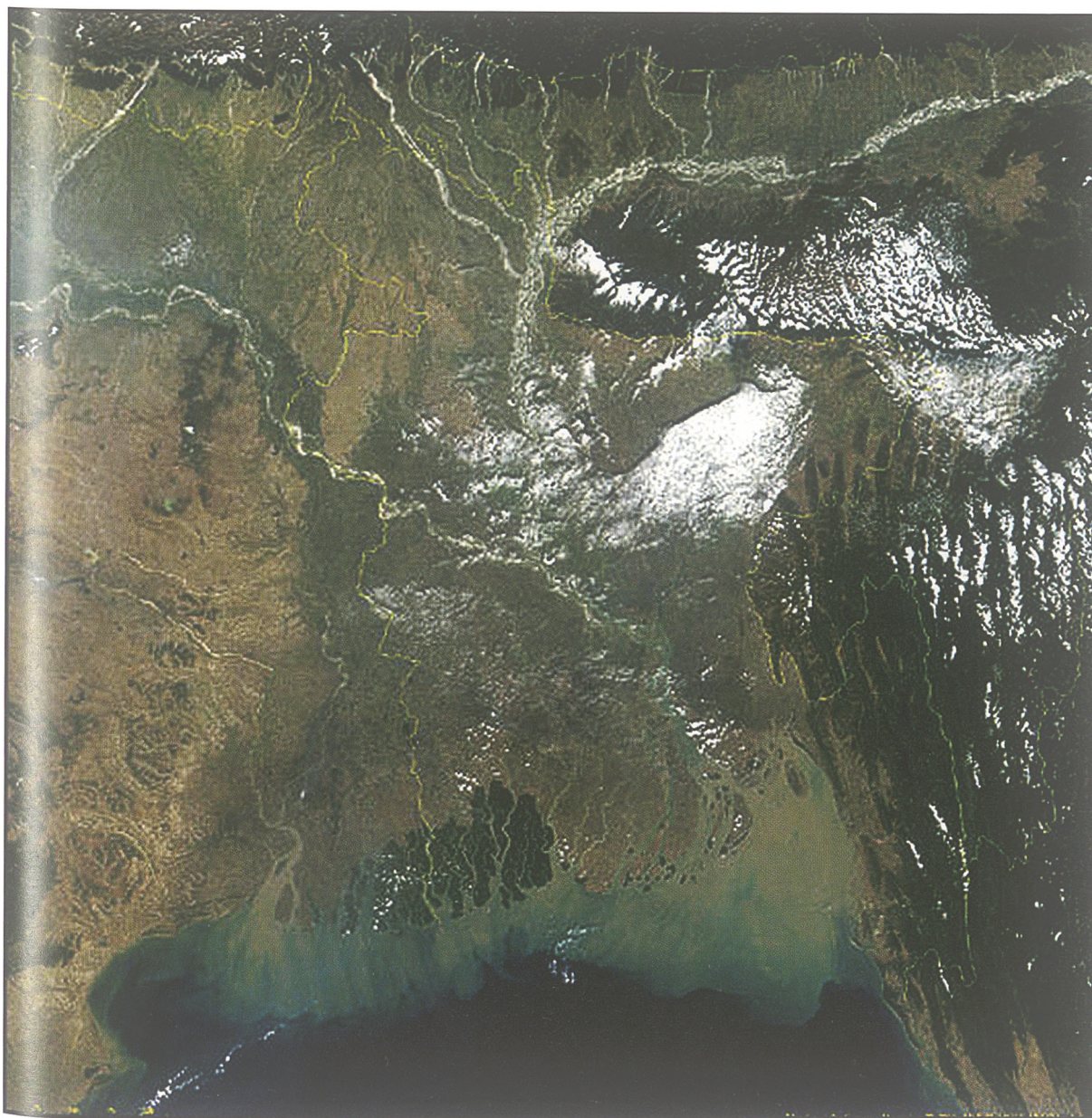


Łapaczka rumowiska umieszczona w obrębie dna koryta rzecznego (Długi Potok, Tatry)

w zależności od intensywności wleczenia. Po upływie odpowiedniego czasu, łapaczkę wyciąga się i wypłukuje z niej zgromadzone rumowisko. Intensywność wleczenia można wyrazić w jednostkach objętościowych lub wagowych w jednostce czasu na 1 m szerokości cieku. Wyniki pomiarów nie są zbyt dokładne, bowiem łapaczka stanowi przeszkodę, którą częściowo omijają strugi wody, wskutek czego część rumowiska przemieszcza się obok przyrządu. Obecnie, do pomiaru intensywności transportu rumowiska toczonego i wleczonego, coraz częściej stosuje się znaczniki promieniotwórcze i magnetyczne, barwniki i aparaturę mikrofonową.

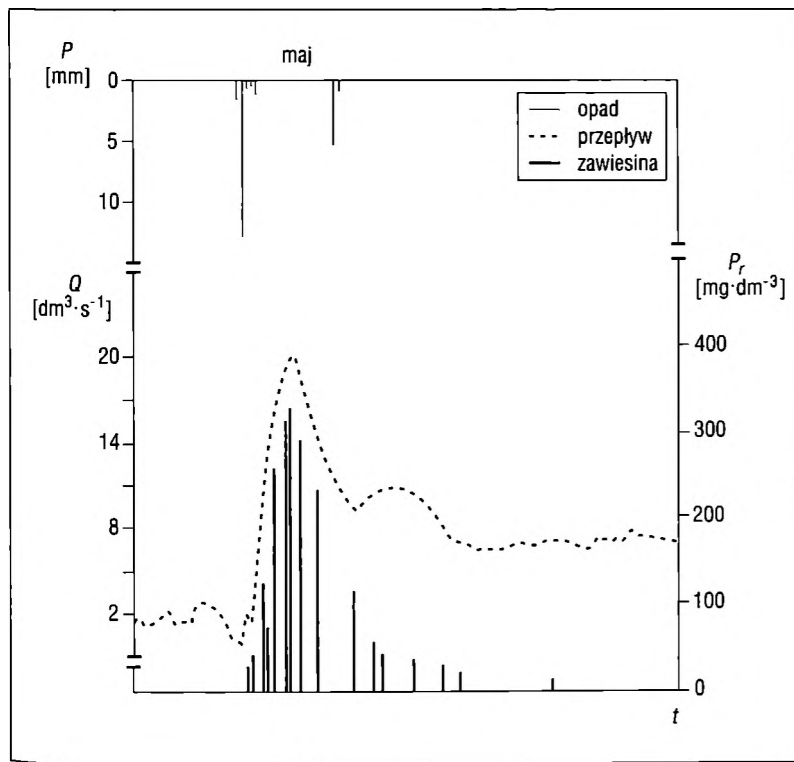
Rumowisko zawieszone dostaje się do rzek w wyniku splywu powierzchniowego, ścierania żwirów, piasków, powodując mętność wody. Największa ilość materiału spłukiwanego dostaje się do rzeki w początkowym okresie wezbrania. W profilu poprzecznym cieku, ilość zawieszin nie jest równomierna ze względu na prądy pulsacyjne. W profilu podłużnym, ilość materiału zmniejsza się w kierunku od źródeł do ujścia, na skutek zmniejszającej się prędkości wody. Ilość zawieszin transportowanych przez rzekę zależy





Ryc. 9.1.3. Obraz satelitarny delty Gangesu i Brahmaputry wykonany przez satelitę Terra ([www.visibleearth.nasa.gov](http://www.visibleearth.nasa.gov))





Ryc. 9.1.2. Natężenie przepływu i koncentracja zawiesiny w Kubaleńcu (Pogórze Wiśnickie) podczas wezbrania w maju 1994 r. (Krzemiń, Sobiecki, 1998)

m.in. od nachylenia zboczy, użytkowania ziemi w dorzeczu, intensywności deszczu i topnienia pokrywy śnieżnej.

W celu zbadania ilości zawieszin transportowanych przez rzekę, pobiera się próby wody w określonych odstępach czasu – w zależności od stanów wody. Wodę pobiera się za pomocą batymetru na głębokości 1 m pod powierzchnią lustra wody, zaś jeśli głębokość cieku jest mniejsza niż 2 m – w połowie głębokości. W przypadku koryt o znacznym przekroju poprzecznym, należy wyznaczyć pionowe batymetryczne, w których pobiera się wodę na odpowiednich głębokościach. Próby wody pozostawia się w butlach przez 8 do 10 dni, tak aby materiał opadł na dno. Wcześniej należy dodać kilka kropel formaliny w celu zabicia mikroorganizmów. Osadzony na dnie butli materiał filtruje się przez sączi, które po wysuszeniu są ważone. **Koncentracja rumowiska zawieszonego  $P_r$** , zwana zmaczeniem wody, jest to masa rumowiska w jednostce objętości wody. **Natężenie rumowiska zawieszonego** w danym profilu hydrometrycznym określa się w ścisłym powiązaniu z pomiarami natężenia przepływu rzeki i oblicza się według wzoru:

$$U = Q P_r \quad (9.1.1)$$



Terenowe pomiary parametrów fizyczno-chemicznych ułatwiają mierniki elektryczne o niewielkich rozmiarach

gdzie:

$U$  – natężenie rumowiska zawieszonego [ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ],

$Q$  – natężenie przepływu [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ],

$P_r$  – koncentracja rumowiska zawieszonego [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ].

Aby obliczyć **ładunek rumowiska zawieszonego**, jaki został odprowadzony ze zlewni w ciągu roku, należy natężenie rumowiska pomnożyć przez liczbę sekund w ciągu roku ( $31,5\cdot 10^6$ ).

Odrębny charakter mają **roztwory**, które dostają się do rzek głównie z wodą gruntową i są efektem denudacji chemicznej, jaka zachodzi w obrębie zlewni. Największe koncentracje występują podczas niskich stanów wody latem i zimą – w okresie, gdy w rzece płynie wyłącznie woda pochodzenia gruntowego. Ilość związków rozpuszczonych w wodzie oraz jej skład chemiczny określa się za pomocą analizy chemicznej i podaje się w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  lub  $\text{mval}\cdot\text{dm}^{-3}$  (patrz rozdz. 9.2).

Wzajemny stosunek ilościowy poszczególnych rodzajów rumowiska jest zmienny w przestrzeni i czasie. Największe wartości ładunku zawiesin obserwuje się na obszarach lessowych. Na przykład niektóre dopływy Huang-ho transportują 150 kg zawiesin w metrze sześciennym wody. Przeciętny roczny stosunek wleczyn do zawiesin i do roztworów w Wiśle koło Warszawy wynosi odpowiednio 0,65 : 1 : 3,75.

Pomiary rumowiska transportowanego przez rzekę pozwalają oszacować wielkość i przebieg denudacji na obszarze zlewni, co stanowi jedno z kluczowych zagadnień współczesnej geomorfologii.

## Przykład

Jaki ładunek rumowiska dotarł do Zbiornika Żywieckiego (zapora w Tresnej) z wodami Soły w sierpniu 1983 r. Średni przepływ dobowy Soły w sierpniu wynosił  $2,5 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , natomiast średnia koncentracja rumowiska zawieszonego w tym okresie wynosiła  $2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

## Rozwiązanie

1. Obliczenie natężenia rumowiska zawieszonego w Sole w sierpniu 1983 r.

Aby obliczyć średnie natężenie rumowiska zawieszonego  $U$ , należy zastosować wzór (9.1.1):

$$U = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ [g}\cdot\text{s}^{-1}\text{]}$$

2. Obliczenie miesięcznego ładunku rumowiska

Miesięczny ładunek rumowiska  $T$  jest równy iloczynowi średniego natężenia rumowiska unoszonego w sierpniu i liczby sekund w ciągu miesiąca ( $2\,678\,400 \text{ s}$ ):

$$T = 5 \cdot 2\,678\,400 = 13\,392\,000 \text{ [g]}$$

**Odpowiedź**

Ładunek rumowiska, jaki w roku 1983 dotarł do Zbiornika Żywieckiego z wodami Soły, wynosił 13 392 000 g, czyli 13,392 t.

**Zadanie 1**

Oblicz ładunek rumowiska odprowadzonego ze zlewni podczas 7-godzinnej wezbrania rzeki. Natężenie rumowiska unoszonego w kolejnych godzinach było następujące: 3,5; 4,1; 6,4; 5,9; 4,9; 4,5; 3,9  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Natężenie rumowiska unoszonego przed wezbraniem wynosiło 3,1  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ , natomiast po wezbraniu 3,3  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Zadanie 2**

Oblicz tempo denudacji mechanicznej ( $\text{mm}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) w dorzeczu Brahmaputry, zakładając, iż średni roczny ładunek rumowiska zawieszonego wynosi 520 mln t, zaś średnia gęstość osadów wynosi  $1800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Powierzchnia dorzecza Brahmaputry wynosi około 610 000  $\text{km}^2$ .

